اعتبارسنجی تجربی یک نرم‌افزار طراحی تهویه موضعی

محمد جواد جعفری[۱]، نجف نوری زاده*[۲]، سهیلا خدا کریم[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۰ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

چکیده

زمینه و هدف: استفاده از کدهای رایانه‌ای و مدل‌سازی‌های عددی جهت استفاده در مطالعات و صنعت رو به رشد است. در هنگام استفاده از کدهای رایانه‌ای، اعتبار این کدگذاری‌ها و مدل‌سازی‌های عددی یک سؤال مهم است. مقایسه نتایج نرم‌افزار با نتایج تجربی یکی از بهترین روش‌های ارزیابی این برنامه‌ها است. هدف از این مطالعه اعتبار سنجی یک برنامه نرم‌افزار طراحی تهویه موضعی به روش تجربی است.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، هفت سیستم تهویه طراحی، ساخته و مورد مطالعه قرار گرفت. در این سیستم‌ها پارامترهای فشار سرعت، فشار استاتیک، فشار کل و سرعت جریان هوا در نقاط مهم سیستم‌های ساخته شده در سه نرخ جریان هوای متفاوت اندازه‌گیری شد. هر یک از نتایج اندازه گیری شده با مقدار متناظر خود که توسط نرم‌افزار محاسبه شده بود مقایسه گردید. آنالیز داده‌ها درنرم‌افزار SPSS19 با استفاده از نمودار بلند- آلتمن و همچنین آزمون sample T Test one با فرض (μ:H0=۰) بررسی شد.

یافته‌ها: درصد اختلاف سرعت هوای اندازه‌گیری شده و برآورد شده از طریق برنامه در تمامی کانال‌ها و هودهای مورد بررسی بسیار ناچیز و بیشترین درصد اختلاف ۰/۵ درصد بود. اختلاف فشارهای اندازه گیری شده و محاسبه شده سرعت، استاتیک و کل کمتر از ۵ درصد بود. نمودار بلند آلتمن و آزمون sample T test one تطابق داده‌ها را تایید کرد. نتایج نشان داد که سرعت‌های هوای اندازه‌گیری شده با استفاده از لوله پیتوت بسیار دقیق‌تر از سرعت‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از بادسنج حرارتی است. بیشترین این اختلاف ۱۴/۷ درصد بود.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که نرم‌افزار مورد برررسی دارای دقت قابل قبول با خطای کمتر از ۵± درصد می‌باشد. ضمنا استفاده از روش پیتوت در اندازه گیری سرعت هوا، از دقت بالاتری نسبت به بادسنج حرارتی برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: اعتبارسنجی تجربی، نرم افزار، تهویه موضعی، لوله پیتوت، بادسنج حرارتی.

مقدمه

با پیشرفت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، زندگی بشر دچار تحول قابل ملاحظه‌ای شده است بطوریکه امروزه شبیه‌سازی‌های جریان سیال با دقت بالایی انجام می-گیرد. قابلیت‌های برجسته این شبیه‌سازی‌ها درزمینه‌های مختلف صنعتی از قبیل هوافضا، انرژی اتمی، نفت، گاز، پتروشیمی، تهویه و... مشاهده می‌شود [۱، ۲]. ازآنجایی‌که رایانه‌ها وسایل قوی‌تر، قابل‌اطمینان‌تر و ارزان‌تر و ازلحاظ دسترسی فراوان می باشند لذا استفاده از آن‌ها روزبه‌روز گسترده‌تر می‌شود. امروزه طراحی نرم‌افزارهای کامپیوتری جالب و به روز برای طراحی‌های مهندسی در حال گسترش است [۳].

معرفی نرم‌افزارها برای عملیات مهم صنعتی همیشه نگرانی‌هایی را در پی دارد. زمانی که یک نرم‌افزار درحال‌توسعه است، نقص یا خطا در هر مرحله از پیشرفت فرایند می‌تواند وجود داشته باشد. بدین منظور اولین قدم تائید هرچه سریع‌تر و تصحیح خطا در چرخه عمر نرم‌افزار است. این تصدیق و تایید توسط گروه توسعه و با راستی آزمایی و موفقیت در هر فاز نرم‌افزار ارائه و کامل می‌گردد. عنصر دوم تصدیق (تائید)، اطمینان از حذف نقص‌های نرم‌افزاری که ممکن است در هر مرحله از عملکرد سیستم وجود داشته باشد است؛ اما اعتبار سنجی، این اطمینان را حاصل می‌کند که نرم افزار و سیستم، پاسخگوی همه نیازهای مشخص‌شده می‌باشند. درنتیجه عملکرد بسته نرم‌افزاری را در مقابل سیستم موردنیاز اعتبار سنجی می-کند و نقص‌های احتمالی را قبل از عملیاتی کردن سیستم در تمام مراحل حذف و محدود می‌نماید [۴، ۵].

استفاده از کدهای رایانه‌ای و پیشرفت در مدل‌سازی‌های عددی جهت استفاده در مطالعات و

۱- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران . najafnoorizadeh24@gmail.com

۳- استادیار، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

صنعت رو به رشد است. در هنگام استفاده از کدهای رایانه‌ای، صحت و دقت این کدگذاری‌ها و مدل‌سازی‌ها یک سؤال بزرگ است. مشکل حال حاضر توسعه‌دهندگان کدهای مدل‌سازی نه‌تنها اعتبارسنجی آن‌ها در یک دامنه خاص است، بلکه در ارتباط با دست یافتن به نتایج صحیح در مجموعه‌ای از سیستم‌های پیچیده که برای اعتباربخشی تعریف‌شده‌اند نیز می باشد. این نکات، اهداف اولیه فرایند اعتباربخشی وتایید است که اولین بار توسط دفتر مدل‌سازی و شبیه‌سازی (M&S CO, formerly DMSO) وزارت دفاع (DOD) آمریکا مطرح شد [۶].

روش‌های مختلفی برای محاسبات جریانات هوا اعم از اندازه‌گیری تجربی و مدل‌سازی عددی وجود دارد، در روش‌های عددی با توجه به امکان وجود خطا در محاسبات بهتراست که صحت نتایج به‌دست‌آمده را با نتایج حاصل از روش‌های تجربی مقایسه کرد [۷]. البته روش‌های تجربی با توجه به نیاز به وسایل آزمایشگاهی و تجهیزات پرهزینه‌تر می‌باشند [۸]

لذا با توجه به اینکه طراحی سیستم‌های تهویه دارای پیچیدگی‌های زیاد بوده و علاوه بر محاسبات پیچیده در یک شاخه نیازمند محاسبات تکراری (جهت متعادل‌سازی سیستم) نیز می‌باشد. طراحی هود مناسب، انتخاب مناسب قطر کانال، انتخاب کلکتور و هواکش مناسب ازجمله مراحل طراحی می‌باشند که بروز خطا در هر مرحله نه‌تنها باعث عدم کار آیی سیستم شده، بلکه هزینه اضافی را بر کارفرما تحمیل می‌نماید. عدم کارآیی سیستم تهویه نیز منجر به افزایش میزان مواجهه شاغلین در محل می‌گردد. به دلیل اینکه در انجام محاسبات دستی احتمال بروز خطا بالاتر بوده و در برخی از موارد به هنگام استفاده از چارت–ها و نمو گرام‌ها برای تصحیحی مانند تأثیر ارتفاع، رطوبت و ... در چارت‌های نم‌سنجی و همچنین افت‌های کانال‌ها و اتصالات امکان قرائت نادقیق و یا استفاده نادرست از نموگرام‌ها وجود دارد لذا استفاده از ابزارهای محاسباتی به‌روز شده ضروری به نظر می‌رسد. البته نکته مهم در مورد این نرم‌افزارها بحث معتبر بودن آن‌هاست بدین منظور روش‌های گوناگونی برای اعتبار سنجی آن‌ها وجود دارد ازجمله این روش‌ها می‌توان مقایسه نتایج نرم‌افزار با محاسبات دستی، مقایسه با نتایج یک نرم‌افزار معتبر مشابه و مقایسه نتایج با داده‌های تجربی را نام برد [۳]. در عمل اعتبار سنجی و تأیید V&V موضوعات مهمی هستند به‌گونه‌ای‌که یک برنامه کامپیوتری دارای اشکال ممکن است یک خروجی کاملاً اشتباه داشته باشد، لذا مدل‌های نامعتبرممکن است منجر به تصمیم‌گیری‌های اشتباه شود [۹، ۱۰].

در مطالعه حاضر، یک نرم‌افزار طراحی تهویه که نتیجه کارتحقیقاتی جعفری وهمکاران است که قادر است پس از دریافت اطلاعات اولیه، طراحی کلیه محاسبات لازم برای تعیین اندازه قطر کانال‌ها، سرعت هوا در کانال‌ها، فشار سرعت، افت‌های فشار در سیستم و درنهایت مشخصات لازم برای تعیین هواکش موردنیاز سیستم را محاسبه و تعیین کند [۱۱، ۱۲]. بطور تجربی اعتبار بخشی شد. بدین منظور، هفت سیستم تهویه طراحی، ساخته و در محیط آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. متغیرهای کلیدی هر یک از سیستم‌های تهویه ساخته شده با دستگاه‌های استاندارد اندازه گیری و نتایج این اندازه‌گیری‌ها با مقادیر مشابه به‌دست آمده از نرم‌افزار مقایسه شد.

روش بررسی

در این مطالعه هفت سیستم تهویه با ویژگی‌های مندرج در جدول ۱ ساخته و مورد مطالعه قرار گرفت.

در این سیستم‌ها پارامترهایی ازجمله سرعت جریان هوا و فشارهای سه‌گانه در نقاط مختلف در طول سیستم‌های ساخته شده در سه نرخ جریان هوای متفاوت اندازه‌گیری شد و مقدار مشابه آن در نرم‌افزار برآورد شد.

برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در دهانه هود، از بادسنج حرارتی مدل VT50 ساخت شرکت KIMO فرانسه استفاده شد. برای مطمئن شدن از قرائت صحیح قبل از اندازه‌گیری درپوش ورودی هوای بادسنج بسته‌شده و تنظیم صفر شد. اندازه‌گیری سرعت

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۱- سیستم‌های تهویه مورد مطالعه

ردیف	طرح	تعداد هود	نوع هودها	تعداد کانال
۱	سیستم یک هود	۱	هود ساده	۲
۲	سیستم یک هود	۱	هود شکافدار	۲
۳	سیستم یک هود	۱	هود مرکب	۲
۴	سیستم دو هود	۲	یک هود ساده و یک هود مرکب	۴
۵	سیستم دو هود	۲	یک هود شکافدار و یک هود مرکب	۴
۶	سیستم دو هود	۲	یک هود شکافدار و یک هود ساده	۴
۷	سیستم سه هود	۳	یک هود ساده، یک هود مرکب و یک هود شکافدار	۶

هوا در دهانه هود بر اساس روش ASHRAE 110-95 انجام شد [۱۳، ۱۴]. فشارهای سه‌گانه به‌صورت مستقیم و سرعت جریان هوا به صورت غیرمستقیم با استفاده از لوله پیتوت و فشارسنج متصل به آن اندازه‌گیری شد [۱۵، ۱۶]. فشارسنج استفاده شده مدل TYPE4 TEST ساخت شرکت AIR FLOW انگلستان بود. قبل از شروع اندازه‌گیری دستگاه تراز و تنظیم صفر شد. جهت حذف خطای ناشی از شرایط جوی و تعمیم مقادیر استاندارد به شرایط واقعی، مقدار فاکتور دانسیته و چگالی هوا در شرایط واقعی، محاسبه و در نرم‌افزار به کار رفت. چگالی واقعی هوا با استفاده از ضریب چگالی و چگالی هوای استاندارد با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد [۱۶].

$$\rho_a = df \times \rho_s \quad (1)$$

در این رابطه:

ρ_a چگالی هوا در شرایط واقعی[1] (برحسب پوند جرم بر فوت مکعب)

ρ_S چگالی هوا در شرایط استاندارد[2] (برحسب پوند جرم بر فوت مکعب)

df[3] فاکتور اصلاح چگالی

مقدار فاکتور اصلاح چگالی df ترکیبی از فاکتورهای اصلاح چگالی ناشی از چند متغیر است که از رابطه ۲ برآورد می‌شود:

$$df = df_t \times df_p \times df_e \times df_m \quad (2)$$

در خصوص نحوه برآورد هر یک از فاکتورهای فوق به کتاب تهویه صنعتی نسخه ۲۰۱۳ مراجعه فرمائید. در این مطالعه نیز به روشی که در کتاب فوق توصیه شده است با اندازه‌گیری دمای تر و خشک چرخان و دمای محیط مقدار هر یک از عوامل رابطه ۲ محاسبه و مقدار ضریب اصلاح چگالی نهایی df محاسبه شد.

به‌منظور اصلاح فشار سرعت و تعمیم آن به شرایط واقعی از رابطه (۳) استفاده شد [۱۷].

$$VP_r = VP_m \times \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_a}} \quad (3)$$

در این رابطه:

Vp_r فشار سرعت واقعی یا اصلاح‌شده، برحسب اینچ آب

Vp_m فشار سرعت اندازه‌گیری شده، برحسب اینچ آب

ρ_s چگالی گاز در شرایط استاندارد (برحسب پوند جرم بر فوت مکعب)

ρa چگالی گاز در شرایط واقعی (برحسب پوند جرم بر فوت مکعب)

سرعت هوا در شرایط واقعی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$V = 4005\sqrt{\frac{vp}{df}} \quad (4)$$

در این رابطه:

V سرعت جریان هوا برحسب فوت بر دقیقه (fpm)

VP فشار سرعت اندازه‌گیری شده در داخل کانال برحسب اینچ آب ("**WG**)

df فاکتور دانسیته هوا (محاسبه‌شده از رابطه ۲)

پس از اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر و ورود اطلاعات به نرم‌افزار کاربر قادر است که با چهار دکمه، ذخیره، بارگذاری، حذف و ثبت اطلاعات در برنامه به

[1] The actual air density
[2] The standard air density
[3] Density Factor

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

کار ادامه دهد. پس از ثبت اطلاعات و استفاده از دکمه process محاسبات طراحی انجام می‌گردد. به منظور مقایسه داده‌های حاصل از نرم‌افزار و داده‌های اندازه‌گیری شده برای هر سیستم به‌طور جداگانه مقادیر سرعت، فشار استاتیک، فشار سرعت، فشار کل در نقاط مشخص در جداول و نمودارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج آن‌ها بیان گردید. شایان ذکر است که نقاط نام‌گذاری شده از N1 نام‌گذاری گردید و در هر سیستم تعداد نقاط متفاوت بود که حداکثر تعداد نقاط مربوط به سیستم شماره ۷ مساوی ۱۶ نقطه برای اندازه‌گیری این متغیرها بود. در هر نقطه یک داده از نرم‌افزار و یک داده از مقادیر اندازه‌گیری شده برای سه نرخ متفاوت هوای عبوری عنوان شده است و درصد اختلاف آن‌ها برای مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج حاصل از نرم‌افزار بیان گردید. جهت تطابق مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده از نمودار بلند–آلتمن استفاده شد. محور افقی در این نمودار میانگین اندازه‌گیری‌ها و محور عمودی تفاضل اندازه‌گیری‌ها است. خط‌چین روی نمودار فاصله اطمینان ۹۵٪ را برای تفاضل‌ها نشان می‌دهد و چنانچه همه نقاط در فاصله بین دو خط باشند یعنی تطابق بین اندازه‌گیری‌ها برقرار است. همچنین تفاضل داده‌ها محاسبه شد. آزمون one sample T Test با فرض ($H_0:\mu=0$) مجدداً تطابق بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده را آزمود. با توجه به توصیه کمیته تهویه صنعتی انجمن دولتی بهداشت صنعتی آمریکا **ACGIH** حداکثر اختلاف ۵٪ بین نتایج محاسباتی و اندازه‌گیری شده قابل‌قبول فرض شد [۱۶].

یافته‌ها

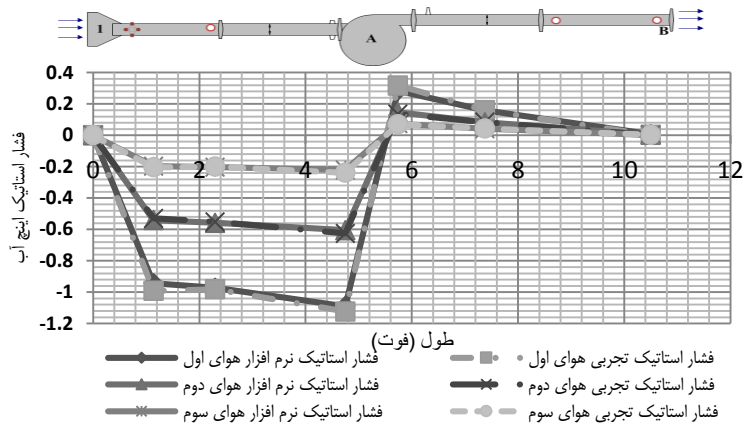
به‌طورکلی در تمامی سیستم‌ها برای سرعت در دهانه هودها ۱۲ عدد که درمجموع برای سه حالت مختلف گذر هوا برابر با ۳۶ عدد بود، اندازه‌گیری و محاسبات انجام شد. نتایج بین این داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد اختلاف بین داده‌ها ۱۴/۷ درصد و در سیستم شماره ۷ و برای گذر هوای اول بود. در مجموع ۷۲ مقدار سرعت هوا در ۲۴ کانال مختلف اندازه‌گیری شد و با مقادیر محاسبه شده توسط نرم‌افزار مقایسه گردید. در تمامی کانال‌ها درصد اختلاف خیلی ناچیز بود به‌گونه‌ای که بیشترین درصد اختلاف ۰/۵ درصد و مربوط به سیستم شماره ۷ درگذر هوای سوم بود. نتایج سرعت هوای اندازه‌گیری شده و محاسبه شده برای یک سیستم دارای سه هود در جدول ۲ نشان داده شده است.

فشار استاتیک در سیستم های دارای یک هود در شش نقطه محل و برای سیستم‌های دارای دو هود و سه هود به ترتیب ۱۱ و ۱۶ نقطه محل اندازه‌گیری شد که بیشترین درصد اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده

جدول ۲- درصد اختلاف مقادیر سرعت هوای اندازه‌گیری شده و محاسبه شده (فوت بر دقیقه) در سه گذر هوای مختلف دریک سیستم دارای سه هود

محل	نرخ گذر هوای، فوت مکعب بر دقیقه								
	۷۳۵			۴۸۱			۳۵۳		
	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف
هود ۱	۵۵۰	۵۱۷	۵/۹	۴۰۹	۳۶۴	۱۱/۱	۲۳۰	۲۱۶	۵/۸
1-A	۹۱۴	۹۱۳	۰/۰۳	۶۸۲	۶۸۰	۰/۲	۳۸۲	۳۸۲	۰/۰
هود ۲	۲۱۸	۱۸۶	۱۴/۷	۱۳۸	۱۳۴	۰/۳	۸۴	۷۸	۷/۲
2-A	۱۰۰۵	۱۰۰۴	۰/۱۴	۷۲۵	۷۲۵	۰/۰	۴۲۳	۴۲۱	۰/۵
A-B	۱۳۸۳	۱۳۸۲	۰/۰۲	۹۲۲	۹۲۰	۰/۱	۷۲۳	۷۲۲	۰/۱۴
هود ۳	۱۰۲۳	۹۰۵	۱۱/۵	۷۱۵	۶۳۸	۱۰/۰	۵۲۸	۴۸۱	۸/۹
3-B	۱۵۳۵	۱۵۳۲	۰/۲	۱۰۸۲	۱۰۸۰	۰/۲	۸۱۶	۸۱۲	۰/۴
B-C	۲۱۵۰	۲۱۴۹	۰/۰۲	۱۴۰۷	۱۴۰۵	۰/۱	۹۸۰	۹۷۹	۰/۰۳
D-E	۴۴۴۴	۴۴۴۰	۰/۰۸	۳۲۰۰	۳۱۹۷	۰/۰۷	۲۲۷۸	۲۲۷۷	۰/۰۲

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]



شکل ۲- نمودار تغییرات فشار استاتیک محاسبه شده و اندازه‌گیری شده در طول یک سیستم دارای یک هود، در سه جریان هوای مورد مطالعه

جدول ۳- مقادیر محاسبه‌شده و اندازه‌گیری شده فشار استاتیک (اینچ آب) و درصد اختلاف آن‌ها در سه گذر هوای مختلف در یک سیستم دارای سه هود

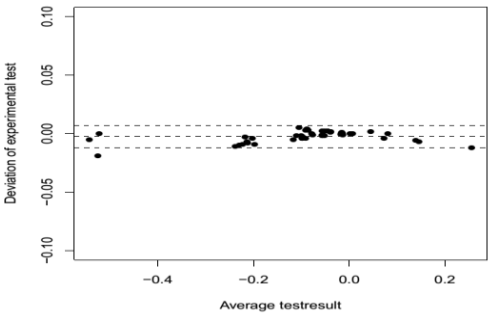
		نرخ گذر هوا، فوت مکعب بر دقیق								
		۷۳۵			۴۸۱			۳۵۳		
کانال	نقطه اندازه‌گیری	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف	اندازه‌گیری شده	محاسبه شده	درصد اختلاف
1-A	N1	-۰/۰۸۴	-۰/۰۸۷	۳/۵۷	-۰/۰۴۴	-۰/۰۴۶	۴/۵۴	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۵	۴/۸۳
	N2	-۰/۰۸۶	-۰/۰۹۰	۴/۶۴	-۰/۰۵۴	-۰/۰۴۷	۴/۷۲	-۰/۰۱۶	-۰/۰۱۵۳	۴/۱۱
	N3	-۰/۰۹۸	-۰/۰۹۵	۲/۷۹	-۰/۰۵۳	-۰/۰۵۱	۴/۵۱	-۰/۰۱۷۸	-۰/۰۱۷	۴/۷
2-A	N4	-۰/۰۷۷	-۰/۰۷۶	۰/۹۱۹	-۰/۰۳۹	-۰/۰۳۷۵	۳/۴۸	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۳	۴/۶۶
	N5	-۰/۰۷۸۲	-۰/۰۷۸	۰/۴۹۵	-۰/۰۳۹۵	-۰/۰۳۸	۴/۴۸	-۰/۰۱۴۱	-۰/۰۱۴	۲/۶
A-B	N6	-۰/۲۱۶	-۰/۲۰۸	۴/۶۶	-۰/۰۹۳	-۰/۰۸۹	۴/۴۸	-۰/۰۵۳	-۰/۰۵۱	۳/۵۱
	N7	-۰/۲۱۷	-۰/۲۱۰	۳/۲۴	-۰/۰۸۹	-۰/۰۹۲	۳/۳۷	-۰/۰۵۷	-۰/۰۵۵	۳/۲
	N8	-۰/۲۱۹	-۰/۲۱۶	۱/۵۱	-۰/۱۰۰	-۰/۰۹۶	۴/۰۰	-۰/۰۵۵	-۰/۰۵۷	۳/۶۳
3-B	N9	-۰/۲۰۲	-۰/۱۹۳	۴/۵۸	-۰/۱۰۰	-۰/۰۹۶۵	۴/۰۰	-۰/۰۵۵۷	-۰/۰۵۴	۳/۰۳
	N10	-۰/۲۰۴	-۰/۲۰۰	۲/۰۵۹	-۰/۱۰۰۱	-۰/۰۹۹	۱/۱۱	-۰/۰۵۷	-۰/۰۵۶	۱/۴۴
B-C	N11	-۰/۵۳۴	-۰/۵۱۰	۴/۵۱	-۰/۲۲۷	-۰/۲۱۸	۴/۰۸	-۰/۱۰۳	-۰/۱۰۷	۴/۸
	N12	-۰/۵۲۲	-۰/۵۲۲۱	۰/۰۷۸	-۰/۲۳۴	-۰/۲۲۴	۴/۳۱	-۰/۱۱۱	-۰/۱۰۹	۲/۱۲
	N13	-۰/۵۴۵	-۰/۵۴۰	۱/۰۰	-۰/۲۴۳	-۰/۲۳۲	۴/۵۹	-۰/۱۱۹	-۰/۱۱۴	۴/۹۰
D-E	N14	۰/۲۵۲	۰/۲۶۲	۳/۵۸	۰/۱۴۲	۰/۱۳۶	۳/۹۶	۰/۰۷۵	۰/۰۷۱	۴/۵۴
	N15	۰/۱۴۳	۰/۱۴۸	۳/۴۹	۰/۰۸۱۵	۰/۰۸۱	۰/۱۶۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۳/۲۰
	N16	۰/۰۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰

و محاسبه شده ۴/۹۲ درصد بود. شکل ۲ و همچنین جدول ۳ درصد اختلاف فشار استاتیک اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در سه نرخ گذر هوای مختلف را به ترتیب برای یک سیستم دارای یک هود و یک سیستم دارای سه هود را نشان می دهد.

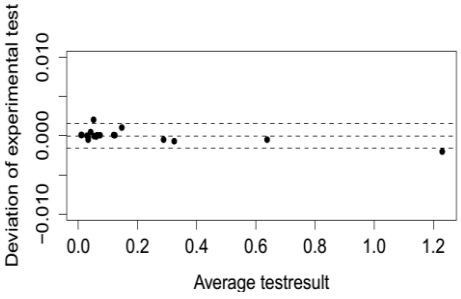
فشار سرعت و فشار کل در سیستم‌های دارای یک هود در دو نقطه محل و در سیستم‌های دو هوده و سه هوده به ترتیب در ۴ و ۶ نقطه محل اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار درصد اختلاف برای فشار سرعت ۳/۹۳ و ۴/۸۶ برای فشار کل بود. به‌طورکلی میانگین اختلاف فشار کل در تمامی سیستم‌ها دارای بیشترین اختلاف و میانگین اختلاف فشار سرعت دارای کمترین اختلاف

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

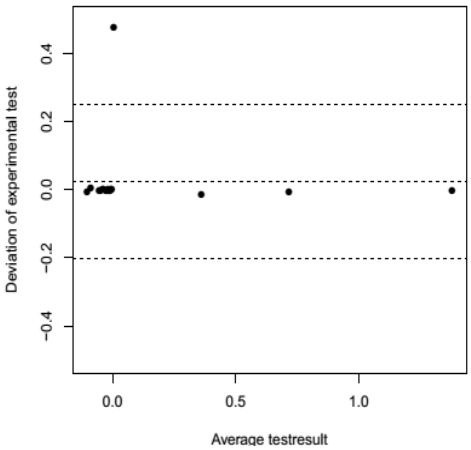
برای مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط نرم‌افزار بود. شکل‌های ۳ تا ۵ تطابق مقادیر اندازه‌گیری شده فشارهای سه‌گانه با مقادیر محاسبه شده آن با استفاده از نمودار بلند- آلتمن را برای یک سیستم دارای سه هود نشان می‌دهد. آزمون sample T Test one با فرض ($H_0:\mu=0$) مجدداً تطابق بین مقادیر



شکل ۳- نمودار بلند-آلتمن برای تطابق درصدهای اختلاف فشار استاتیک اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در یک سیستم دارای سه هود



شکل ۴- نمودار بلند-آلتمن برای درصدهای اختلاف فشارسرعت اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در یک سیستم دارای سه هود



شکل ۵- نمودار بلند-آلتمن برای تطابق درصدهای اختلاف فشار کل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در یک سیستم دارای سه هود

اندازه‌گیری شده و محاسبه شده را آزمون کرد برای تمامی سیستم‌ها مقدار p بیشتر از ۰/۰۵ بود و بیانگر تطابق بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور اعتباربخشی یک نرم‌افزار طراحی تهویه موضعی انجام شد. منظور از اعتباربخشی تجربی نرم‌افزار مقایسه نتایج حاصل از محاسباتی است که توسط کد نویسی کامپیوتری برای یک فرایند طراحی صورت گرفته با مقادیری که به صورت تجربی توسط فرد برای آن متغیر اندازه‌گیری شده است می‌باشد. به‌طورکلی در تمامی سیستم‌ها برای سرعت در دهانه هودها ۱۲ عدد که درمجموع برای سه حالت مختلف گذر هوا برابر با ۳۶ عدد بود، اندازه‌گیری و محاسبات انجام شد. نتایج بین این داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد اختلاف بین داده‌ها ۱۴/۷ درصد و در سیستم شماره ۷ و برای گذر هوای اول بود. علت این اختلاف را می‌توان به میزان خطای زیاد بادسنج نسبت داد. در همین حال نتایج حاصل از سرعت اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده یکسان بوده و اختلاف آن‌ها بسیار ناچیز است. این مسئله نشان می‌دهد که باید همیشه از لوله پیتوت استفاده کرده و کمتر از بادسنج استفاده نمود. همچنین در تمامی سیستم‌ها مجموعاً ۲۴ عدد کانال وجود داشت که برای هر کانال در سه حالت مختلف گذر هوا مقادیر سرعت هوا با استفاده از لوله پیتوت اندازه‌گیری و محاسبه شد. در مجموع ۷۲ مقدار سرعت هوای اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده آن مقایسه گردید. در تمامی کانال‌ها درصد اختلاف خیلی ناچیز بود به‌گونه‌ای که بیشترین درصد اختلاف ۰/۵ درصد و مربوط به سیستم شماره ۷ درگذر هوای سوم بود. به نظر می‌رسد این اختلاف ناچیز می‌تواند به خاطر خطای کم لوله پیتوت در اندازه‌گیری و همچنین دقت نرم‌افزار در محاسبات باشد. به منظور مقایسه اختلاف تفاضل دو متغیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده از آزمون one-

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

sample T Test استفاده شد؛ که ابتدا تفاضل داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه‌شده برای هر متغیر محاسبه شد سپس با استفاده از این آزمون مقادیر تفاضل با مقدار استاندارد صفر (حداقل اختلاف) مقایسه گردید. نتایج نشان داده برای هر سه متغیر و در هر هفت سیستم با p بیش از ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد؛ که گواه از شباهت بین داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده دارد. نتایج این مطالعه با مطالعه اصیلیان مهابادی و همکاران [۳] و جعفری و همکاران [۱۱]که اعتبار سنجی عددی نرم‌افزارهای طراحی تهویه را انجام دادند، مطابقت دارد. در نمودار بلند- آلتمن هر نقطه بیانگر تفاوت نتایج دو روش مختلف در آزمایش است. این نمودارها نشان می‌دهد که اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در محدوده اختلاف ۵ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد این نرم‌افزار داری صحت و دقت خوبی برای انجام این محاسبات می‌باشد. به‌طورکلی می‌توان در این مطالعه عوامل مداخله‌گر و ایجادکننده اختلاف بین مقادیر محاسبه شده کامپیوتری و مقادیر اندازه‌گیری شده تجربی را به موارد زیر نسبت داد:

۱- خطای ناشی از وسایل اندازه‌گیری به‌ویژه بادسنج که نسبت به لوله پیتوت خطای بالایی دارد. در سرعت‌های بالا لوله پیتوت از دقت بسیار مناسبی برخورد است اما در سرعت‌های کم خطای آن افزایش می‌یابد [۱۶].

۲- خطای فشارسنج‌ها نیز ممکن است باعث اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده توسط رایانه گردد.

۳- عدم یکنواختی جریان هوا در کانال‌ها به‌ویژه پس از قطعاتی نظیر زانویی، سه‌راه، هود و غیره که در کانال جریان هوا را متلاطم می‌کنند نیز ممکن است سبب خطا در اندازه‌گیری و اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده شوند.

۴- برخی از کمیات فرضی نظیر ضریب افت ورودی، ضریب افت مالشی، ضریب افت زانویی و غیره ممکن است با مقادیر واقعی دستگاه ساخته شده تفاوت داشته باشد. این امر می‌تواند منجر به اختلاف بین نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده گردد. در این حالت واقعاً نمی‌توان گفت که خطا ناشی از کدامیک از روش‌ها بوده است.

۵- با توجه به کلیه نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سازگاری مناسبی بین نتایج اندازه‌گیری شده و نتایج محاسبه شده توسط نرم‌افزار وجود دارد. به عبارتی نرم‌افزار تهیه شده از دقت مناسبی برخوردار است.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه آقای نجف نوری‌زاده به راهنمایی آقای دکتر محمد جواد جعفری است. این پایان نامه در عین حال به صورت یک طرح پژوهشی با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی اجرا شد. نویسندگان وظیفه خود می‌دانند که از دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. Jafari Mj, Kanani moghaddm H, Masslov LA. The Study of Aerodynamics in Special Parts of a Road Tunnel Using Physical Model. Iran Occupational Health J. 2005;2(1):41-51. (Persian)

2.Raja A, Hossienalipour M, Hashemi M, Bahadori M. Use of Computational Fluid Dynamics to provide Ventilation systems designed guidelin espostsroom with natural movement.National Conference on electricity distribution networks; Tehran: Association of Electrical and Electronics Engineers; 2012 may(Persian)

3. Asilian Mahabady H, Omidvar M, Rezaee A, Khavanin A, Mortazavi SB. A New exhaust ventilation system design software. Iran J Enviro Health Scie Engineer. 2007;4(4):235-42. (Persian)

4. International Atomic Energy Agency. Verification and Validation of software related to nuclear power plant instrumentation and control. 1999:5-11.

5. Wall N, Kossilov A. Verification and validation of software related to nuclear power plant control and instrumentation. 1994.

6. Pace DK. Modeling and simulation verification and validation challenges. Johns Hopkins APL

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

Technical Digest. 2004;25(2):163-72.
7. Jafari M, Karimi A, Usachov A, Moghaddam HK. The Fire Simulation in a Road Tunnel. J Applied Fluid Mechanic. 2011;4(1):121-38.
8. Danshmnd S, Ahmadi Nadoushan A. study of Effect of experimental surface roughness of a projectile on aerodynamic coefficients. Mechanical Engineer Majlesi. 2010:63-70. (Persian)
9. Kleijnen JPC. Verification and validation of simulation models. Europ J Operation Res. 1995;82(1):145-62.
10. Davis PK. Generalizing concepts of verification, validation, and accreditation (VV&A) for military simulation, RAND. (to be published as R-4249- ACQ). 1992:5-6.
11. Jafari MJ, Gohari FA, Omidi L, Ezadi SK, Khoshghovah MH. Development and validation of software for designing industrial ventilation systems. Safe Prom Injur Prev. 2015;3(2):103-10. (Persian)
12.Abbas gohari F. A software to design industrial ventilation system: Shahid Beheshti University of Medical Sciences; 2013. (Persian)
13.Jafry Mj, Kalantri S, Zendehdel R, Sarbakhsh P. Feasibility of Substituting Ethylene with Sulfur Hexafluoride as a Tracer Gas in Hood PerformanceTest by ASHRAE-110-95 Method. Int J Occup Hyg. 2015;6 (1):31-6. (Persian)
14. Golbabaee F, Esmaeilzadeh A, Rahimi A, Shahtaheri S. Evaluation of laboratory fume-hoods performance in a petrochemical industry based on ASHRAE 110 Standard. J School Public Health Inst Public Health Res. 2009;6(3):111-7. (Persian)
15. Burgess WA, Ellenbecker MJ, Treitman RD. Ventilation for control of the work environment: John Wiley & Sons; 2004.
16. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Industrial Ventilation a manual of practice for design.28thed.Cincinnati: ACGIH publishing center; 2013. Chapter 3-4-5-6-9.
17. Goodfellow, H. and E. Tahti, eds, Industrial Ventilation Design Guidebook, Academic Press, San Diego, CA, 2001.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]

Experimental validation of a local ventilation design software

Mohammad Javad Jafari[1], Najaf Noorizadeh[2]*, Soheila khodakarim[3]

Received: 2016/12/10 Revised: 2017/10/04 Accepted: 2017/10/08

Abstract

Background and aims: The application of computer codes and numerical modeling in studies and industry is growing. When using computer codes, the accuracy of these encodings and modelings are big questions. Comparing the results of the software with experimental results is the best method of evaluating these programs. The objective of this study was to experimentally validate a software program developed for local exhaust ventilation design.

Methods: In this experimental study, seven different local exhaust ventilation systems were designed and constructed. Velocity pressure, static pressure, total pressure and air velocity were measured at key points of each system. All measured values were compared with similar calculated values by computer software. One-sample T test and Bland Altman plot were used to compare the similar measured and computed parameters. SPSS version 19 was applied for statistical analysis.

Results: The percentage difference of measured and calculated air velocities at all channels and hoods were ignorable with maximum amount of 0.5%. Difference between the measured and the calculated values of velocity pressure, static pressure and total pressure in the entire systems were less than 5 percent. Bland-Altman plot and one sample T test showed that the differences were in the range of 2SD and confirmed matching.

The results revealed that the air velocities measured with Pitot tube are much more accurate than those measured by thermal anemometer with maximum difference of 14.7%.

Conclusion: This study showed that the tested software has an acceptable accuracy with less than ± 5% of error. It also revealed that the application of Pitot tube is much more accurate that thermal anemometer.

Keywords: Experimental validation, Software, Local exhaust ventilation, Pitot tube, Thermal anemometerst.

1. Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. (**Corresponding author**) MSc Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences,Tehran, Iran. najafnoorizadeh24@gmail.com

3. Assistant Professor, Department of Epidemiology, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2024-03-28]